

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 1月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-003203

[ST.10/C]:

[JP2003-003203]

出 願 人

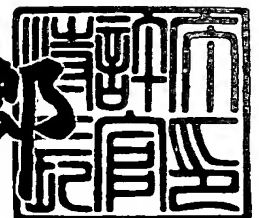
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 2月 7日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3005658

【書類名】 特許願

【整理番号】 541576JP01

【提出日】 平成15年 1月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/01
G02F 1/025
G02F 1/35

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 ▲高▼木 和久

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長変換器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の波長の入射位相変調光の入力により第 2 の波長の位相変調光を出力する波長変換器であって、

前記入射光を第 1 と第 2 の分岐光に分岐する入射光分岐部と、

前記第 1 の分岐光と前記第 2 の分岐光とを合波干渉させて前記第 1 の波長の強度変調光を発生する合波干渉部と、

前記強度変調光と前記第 2 の波長と等しい波長の連続光とを入力することにより、前記入射光の位相変調に基いて前記連続光の相互位相変調を行う位相変調部と、を備えた波長変換器。

【請求項 2】 前記合波干渉部は、前記第 1 の分岐光を入射し前記入射光と等しい第 1 の波長の連続光を発生する注入同期レーザ素子と、該注入同期レーザ素子より発生した前記第 1 の波長の連続光と前記第 2 の入射分岐光とを合波する合波用光カップと、を有する請求項 1 記載の波長変換器。

【請求項 3】 前記合波干渉部は、前記第 1 と第 2 の分岐光の一方を他方の分岐光より 1 ビット遅延させて干渉させる遅延手段を備えた請求項 1 記載の波長変換器。

【請求項 4】 前記位相変調部は相互位相変調効果を有する素子として半導体光増幅器を備えた請求項 2 または 3 に記載の波長変換器。

【請求項 5】 前記位相変調部は相互位相変調効果を有する素子として電界吸収型光変調器を備えた請求項 2 または 3 に記載の波長変換器。

【請求項 6】 前記位相変調部は、前記合波干渉部から発生された前記第 1 の波長の強度変調光と、前記第 2 の波長の連続光とが入射され相互位相変調を行う第 1 の位相変調器と、前記強度変調光と前記第 1 の位相変調器から出力された前記第 2 の波長の位相変調光とが入射され相互位相変調を行う第 2 の位相変調器とを 2 つ以上縦列に接続したことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の波長変換器。

【請求項 7】 前記合波干渉部は、前記第 1 と第 2 の分岐光の一方を他方の

分岐光より1ビット分の時間より短い時間遅延させる遅延手段を備え、前記第1と第2の分岐光を合波干渉させて光パルスを発生する請求項1記載の波長変換器。

【請求項8】 さらに、前記合波干渉部から発生された前記光パルスの入力により、光出力の大きさを変化させた前記第1の波長の強度変調光を得る光双安定素子と、該光双安定素子により得られる前記強度変調光と前記第2の波長の連続光とが前記位相変調部に入射され、前記第2の波長の位相変調光を出力する請求項7記載の波長変換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は波長変換器に関し、特に、コヒーレント（可干渉性）光通信や全光クロスコネクタなどに使用する位相変調光信号用の波長変換器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、大容量光通信方式として、波長分割多重（WDM）光通信の開発が進められている。このような光通信方式ではネットワークのノードで信号波長を変換すれば、ネットワークの性能を飛躍的に向上できる。そこで、従来、実用的な位相変調方式の波長変換素子として、4光波混合を用いるものが一般的に知られており、半導体レーザ増幅器の相互利得変調、又は相互位相変調を利用したり、光ファイバの4光波混合を用いた波長変換装置が提案されていた（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

図5は、従来の波長変換器の概略構成を示す図である。同図に示す4光波混合を用いる光位相変調通信用の波長変換器では、波長 λ_1 の入力位相変調光は、レーザダイオードLD（Laser Diode）からの波長 λ_3 の連続光（ポンプ光）と光カプラで合波された後、半導体光増幅器SOA（Semiconductor Optical Amplifier）などの非線型光学効果を有する光媒質に入射される。この半導体光増幅器S

OAにおいて、4光波混合により波長 $\lambda_2 (= 2\lambda_3 - \lambda_1)$ の位相共役波が発生され、この位相共役波（波長 λ_2 ）は、波長軸において波長 λ_3 に関して波長 λ_1 と対称をなしている。この位相共役波を光フィルタを介して取り出すことにより、波長 λ_1 と同じ位相変調が施された波長 λ_2 の波長変換光が得られる。

【0004】

また、別の従来技術としては、電界吸収（EA）型変調器に入力信号光とプローブ光源からの連続波（CW）プローブ光が入射され、電界吸収（EA）型変調器から出力されるプローブ光は、入力信号光の波形を反映した波形を有し、サーキュレータにより、後段に供給される波長変換器が開示されている（例えば、特許文献2参照）。

【0005】

さらに、別の従来技術としては、非線型屈折率変化を起こす導波路と、相異なる光路長の2つの光路を有する遅延干渉回路と、連続波（CW）光源等を備え、構成と制御が簡単で動作の安定した強度変調光信号用の波長変換器が開示されている（例えば、特許文献3参照）。

【0006】

さらに、別の従来技術としては、非対称分離カプラを利用し、唯一の半導体光増幅器のみを有する遅延干渉構成内のモノリシックに集積された遅延ループを具備する強度変調光信号用の波長変換器が開示されている（例えば、特許文献4参照）。

【0007】

【特許文献1】

特開平10-78595号公報（段落0017～0010、図11～14）

【特許文献2】

特開2000-236302号公報（段落0030、図1）

【特許文献3】

特開平10-301151号公報（段落0015-0020、図1）

【特許文献4】

特開 2002-40504 号公報（段落 0008～0010、図 1）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の波長変換器では、半導体光増幅器（SOA）等による非線型光学効果の一種である 4 光波混合を用いているために、得られる波長変換光の強度が入力すべき波長 λ_3 の連続光に対して弱く、変換効率が小さいという問題があった。

【0009】

また、波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の間には $\lambda_2 = 2 \times \lambda_3 - \lambda_1$ という関係があるため、入射光を任意の波長に変換することができず、波長に対する制約が大きいという問題があった。

【0010】

本発明は上記課題を解決するためになされたもので、変換効率が高く、波長の制約の小さな位相変調光通信用の波長変換器を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る波長変換器は、第 1 の波長の入射位相変調光の入力により第 2 の波長の位相変調光を出力する波長変換器であって、入射光を第 1 と第 2 の分岐光に分岐する入射光分岐部と、第 1 の分岐光と第 2 の分岐光とを合波干渉させて第 1 の波長の強度変調光を発生する合波干渉部とを備え、更に、強度変調光を入力するとともに第 2 の波長と等しい波長の連続光を入力することにより、入射光の位相変調に基いて連続光の相互位相変調を行う位相変調部を備えたことを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、図 1 乃至図 4 を用いて本発明の実施の形態について詳述する。なお、各図において共通する要素には同一の符号を付し、重複する説明については省略している。

【0013】

(実施の形態 1)

本発明の第 1 の実施の形態について、図 1 を参照して以下に説明する。図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る波長変換器の概略構成を示す図である。同図において、参照番号 1 1 は光分岐部として機能する第 1 の光カプラ、1 2 は第 1 の光サーキュレータ、1 3 は第 1 のレーザダイオード（注入同期 LD）、1 4 は合波部として機能する第 2 の光カプラ、1 5 は第 2 の光サーキュレータ、1 6 は半導体光増幅器（SOA）、1 7 は連続波（CW）光の光源として機能する第 2 のレーザダイオード（LD）である。

【0014】

入力ポート Pin から入力された波長 $\lambda 1$ の入射光（入力信号）Lin は、光カプラ 1 1 で 2 つの入射分岐光 L1 と L2 に分岐される。分岐された一方の分岐光 L1 は第 1 の分岐導波路 P1 を進み、3 ポート型の第 1 光サーキュレータ 1 2 を経由して導波路 P3 を進み、第 1 レーザダイオード（注入同期 LD）1 3 に入射される（波長 $\lambda 1$ の光 L3 で示す）。第 1 レーザダイオード 1 3 からは入射光 L1 と等しい波長 $\lambda 1$ の連続（CW）光 L4 が発生する。この波長 $\lambda 1$ の連続光 L4 は第 1 光サーキュレータ 1 2 を経由して導波路 P4 を進み、第 2 光カプラ 1 4 に入射される。

【0015】

第 1 光カプラ 1 1 で分岐されたもう一方の入射分岐光 L2 は第 2 の分岐導波路 P2 を進み、第 2 光カプラ 1 4 に入射される。このようにして波長 $\lambda 1$ の入射分岐光 L2 と波長 $\lambda 1$ の連続光 L4 は第 2 光カプラ 1 4 で合波干渉することにより、波長 $\lambda 1$ の強度変調光 L5 が発生される。

【0016】

この強度変調光 L5 を第 2 光サーキュレータ 1 5 を経由して半導体光増幅器（SOA）1 6 などの相互位相変調効果を有する素子に入射する。これと同時に、第 2 レーザダイオード（LD）1 7 から発生された波長 $\lambda 2$ の励起連続光（ポンプ光）L6 を半導体光増幅器（SOA）1 6 に入射させる。この波長 $\lambda 2$ の励起連続光 L6 が半導体光増幅器（SOA）1 6 の相互位相変調効果により入射光の位相変調と同じ位相変調を受けて波長 $\lambda 2$ の位相変調光 L7 となる。このようにして

得られた波長 $\lambda 2$ の位相変調光 $L 7$ が、第2光サーキュレータ $1 5$ を経由して波長 $\lambda 2$ の出力光 $L out$ として出力ポート $P out$ から出力される。即ち、波長 $\lambda 1$ の入力光 $L in$ が位相変調された波長 $\lambda 2$ の出力光 $L out$ に変換される。

【 0 0 1 7 】

本実施の形態1の構成によれば、波長 $\lambda 2$ の出力光を大きくするためには、第2レーザダイオード(LD)17からの波長 $\lambda 2$ の連続光の出力を大きくすることにより、実現できる。また、相互位相変調効果を有する半導体光増幅器(SOA)16の使用可能波長帯域は約30nmであるので、この範囲において、出力光の波長 $\lambda 2$ を入力光の波長 $\lambda 1$ に対して任意に設定できる。よって、本実施の形態によれば、変換効率が高く、波長の制約の小さな位相変調光通信用の波長変換器を実現することができる。

【 0 0 1 8 】

なお、本実施の形態1では、相互位相変調効果を有する素子16として半導体光増幅器(SOA)を用いたが、電界吸収型(EA)光変調器を用いても良い。

【 0 0 1 9 】

(実施の形態2)

本発明の第2の実施形態について図2を参照して以下に説明する。図2は、本発明の実施の形態2に係る波長変換器の概略構成を示す図である。本実施の形態2は、実施の形態1で説明した波長変換器において第1光サーキュレータ12と第1レーザダイオード(注入同期LD)13とを省略し、光路 $P 1$ と光路 $P 2$ 間に光路差を設定した変形例である。

【 0 0 2 0 】

図2において、波長 $\lambda 1$ の入射光 $L in$ は第1光カプラ11で2つの入射分岐光 $L 1$ と $L 2$ に分岐される。光路 $P 1$ と光路 $P 2$ 間に光路差を設けることにより、分岐光 $L 1$ は一方の分路(光路 $P 1$)を伝播して第2光カプラ14に到達するのに伝播時間 t だけかかり、分岐光 $L 2$ は他方の分路(即ち、遅延線光路 $P 2$)を介して時間 t よりも遅延時間 Δt だけ遅れて伝播時間($t + \Delta t$)で第2光カプラ14に到達するように設定されている。

【 0 0 2 1 】

この遅延時間 Δt を信号 1 ビット分の周期（符号間隔）に相当する時間となるように設定する。このように光路差を設定することにより、位相変調光（入力信号）の分岐光 L_1 が第 2 光カップラ 14 で他方の分岐光 L_2 と干渉することにより強度変調光 L_5 の信号に変換される。この強度変調光 L_5 が光サーキュレータ 15 を経由して半導体光増幅器（SOA）16 などの相互位相変調効果を有する素子に入射される。

【 0 0 2 2 】

これと同時に、レーザダイオード（LD）17 からの波長 λ_2 の励起用連続光 L_6 を半導体光増幅器（SOA）16 に入射させると、この波長 λ_2 の励起用連続光 L_6 が半導体光増幅器（SOA）16 の相互位相変調効果により位相変調を受けて波長 λ_2 の位相変調光 L_7 となり、これが光サーキュレータ 15 を経由して波長 λ_2 の出力光 L_{out} として出力される。このようにして、波長 λ_1 の入力光 L_{in} が位相変調された波長 λ_2 の出力光 L_{out} に変換される。

【 0 0 2 3 】

よって、本実施の形態 2 によれば、実施の形態 1 よりも簡略な構成で、変換効率が高く、波長の制約の小さな位相変調光通信用の波長変換器を実現することができる。

【 0 0 2 4 】

なお、本実施の形態 2 では、相互位相変調効果を有する素子として半導体光増幅器（SOA16）を用いたが、電界吸収型（EA）光変調器を用いても良い。

【 0 0 2 5 】

（実施の形態 3）

本発明の第 3 の実施形態について図 3 を参照して以下に説明する。図 3 は、本発明の実施の形態 3 に係る波長変換器の概略構成を示す図である。本実施の形態 3 は、実施の形態 2 で説明した波長変換器において、更に第 3 の光カップラ 18 と第 2 の光サーキュレータ 19 と第 2 の半導体光増幅器（SOA）20 とを追加して強度変調光より得られる位相変調光の位相変調度を大きくした変形例である。

【 0 0 2 6 】

本実施の形態では、図 3 に示すように、目標とする位相変調光 L_7 の位相変調

度を大きくするために、半導体光増幅器（SOA）などの相互位相変調効果を有する位相変調素子を縦列に２段以上接続した多段構成の位相変調部（SOA）を採用している。上記構成において、第３の分岐用光カプラ１８により分岐光Ｌ５１とＬ５２とが得られ、後段部においても同様に、導波光路Ｐ８とＰ９及び第２半導体光増幅器（SOA）２０を介して発生される位相変調光Ｌ８が、波長 $\lambda 2$ の出力光 L_{out} として得られる。

【 0 0 2 7 】

ここで、第１半導体光増幅器（SOA）１６の位相変調度を $\Delta \phi 1$ 、第２半導体光増幅器（SOA）２０の位相変調度を $\Delta \phi 2$ とすると、出力光 L_{out} として得られる位相変調光の位相変調度 $\Delta \phi$ は $\Delta \phi = \Delta \phi 1 + \Delta \phi 2$ となる。

【 0 0 2 8 】

このように、本実施の形態３によれば、実施の形態２と同様の効果が得られるとともに、出力として得られる位相変調光の位相変調度を実施の形態２の場合よりも大きくすることができる。

【 0 0 2 9 】

なお、図示の例では、半導体光増幅器（SOA）などの相互位相変調効果を有する素子を縦列に接続した２段構成としているが、２段以上の多段構成として縦列に接続した位相変調部を用いてもよい。

また、本実施の形態３では、相互位相変調効果を有する素子として半導体光増幅器（SOA）を用いたが、電界吸収型（EA）光変調器を用いても良い。

【 0 0 3 0 】

（実施の形態４）

本発明の第４の実施形態について図４を参照して以下に説明する。図４は本発明の実施の形態４に係る波長変換器の概略構成を示す図である。本実施の形態４の基本構成は実施の形態２と同様であり、相違点は、本実施の形態４では、１ビットの周期よりも遅延時間の短い光導波路を用いて、入射パルスの（０，１）符号の変わり目で強度変調光パルスが発生する干渉計を構成したことである。

【 0 0 3 1 】

図４に示すように、第１光カプラ１１からの出力光のうち、一方の分岐導波路

P1を伝播する分岐光L1は第2光カプラ14に到達するのに時間 t だけかかり、他方の分岐導波路（遅延線）P2を伝播する分岐光L2はそれよりも遅延時間 Δt だけ遅れて時間 $(t + \Delta t)$ で第2光カプラ14に到達し、この遅延時間 Δt が信号1ビットの周期（符号間隔）よりも短い長さとなるように光路差を設定した光導波路を用いている。

【0032】

これにより、2値入力信号パルスの（0，1）符号の変わり目で強度変調光パルス L_p が発生する干渉計を構成する。即ち、第2光カプラ14は、入射パルスの位相が“0”→“1”または“1”→“0”のときに、強度が“1”となるパルス列 L_p が発生する。

【0033】

第2光カプラ14と光サーキュレータ15との間には、光フリップフロップ等により構成された光双安定素子21が縦列に接続され、強度変調光パルス L_p はこの光双安定素子21を介してNRZ（Non Return to Zero）の強度変調信号光 $L5'$ に変換される。強度が“1”のパルス列 L_p が入力されたとき、光双安定素子21は状態が変化してその光出力 $L5'$ の大きさが変化する。

【0034】

光双安定素子21で得られた強度変調光 $L5'$ は、光サーキュレータ15を経由して半導体光増幅器（SOA）などの相互位相変調効果を有する位相変調素子16に入射される。これと同時に、レーザダイオード（LD）17からの波長 λ 2の励起用連続光 $L6$ を半導体光増幅器（SOA）16に入射させる。

【0035】

この波長 λ 2の連続光 $L6$ が半導体光増幅器（SOA）16の相互位相変調効果により位相変調を受けて波長 λ 2の位相変調光 $L7$ となる。この位相変調光 $L7$ が、光サーキュレータ15を経由して波長 λ 2の出力光 L_{out} として出力される。このようにして、波長 λ 1の入力光 L_{in} が位相変調された波長 λ 2の出力光 L_{out} に変換される。

【0036】

よって、本実施の形態4においても、実施の形態2と同様の効果が得られると

ともに、入射パルス L1 の (0 , 1) 符号の変わり目で強度変調光パルスが発生する干渉計を構成している。

【 0 0 3 7 】

なお、本発明に係る光回路の構成においては、相互位相変調効果を有する素子としては、半導体光増幅器 (S O A) 以外に、電界吸収型光変調器、光ファイバ増幅器、非線型光学効果の大きな光ファイバ等を用いてもよい。

【 0 0 3 8 】

また、本発明に係る光回路の構成においては、光導波路として光ファイバを用いてもよく、さらには半導体光導波路を用いてもよい。さらに、本発明で用いる光カプラとしては、光ファイバ型カプラや半導体光導波路を用いた光カプラであってもよい。

【 0 0 3 9 】

また、本発明では、連続波光発生用光源 (L D) と位相変調素子を同一基板上にモノリシックに集積してもよく、これにより、光装置全体を小型化できる。

【 0 0 4 0 】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、変換効率が高く、波長の制約の小さな位相変調光通信用の波長変換器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係る波長変換器の概略構成を示す図。

【図 2】 本発明の実施の形態 2 に係る波長変換器の概略構成を示す図。

【図 3】 本発明の実施の形態 3 に係る波長変換器の概略構成を示す図。

【図 4】 本発明の実施の形態 4 に係る波長変換器の概略構成を示す図。

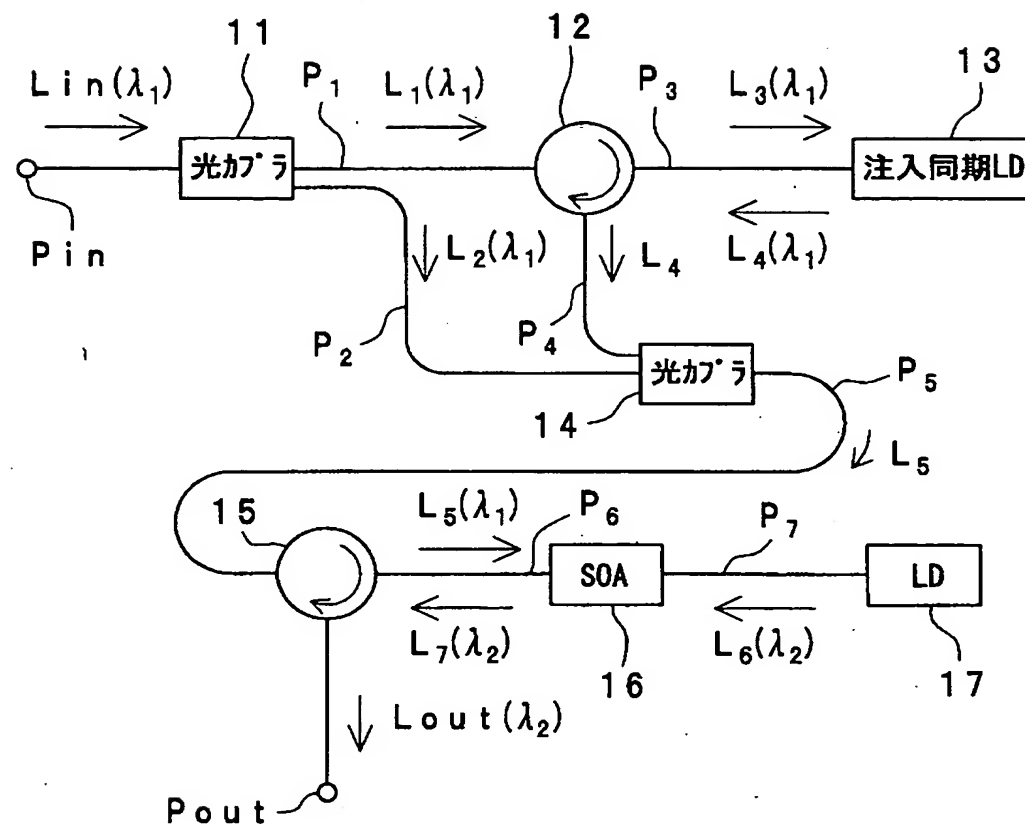
【図 5】 従来の波長変換器の概略構成を示す図。

【符号の説明】

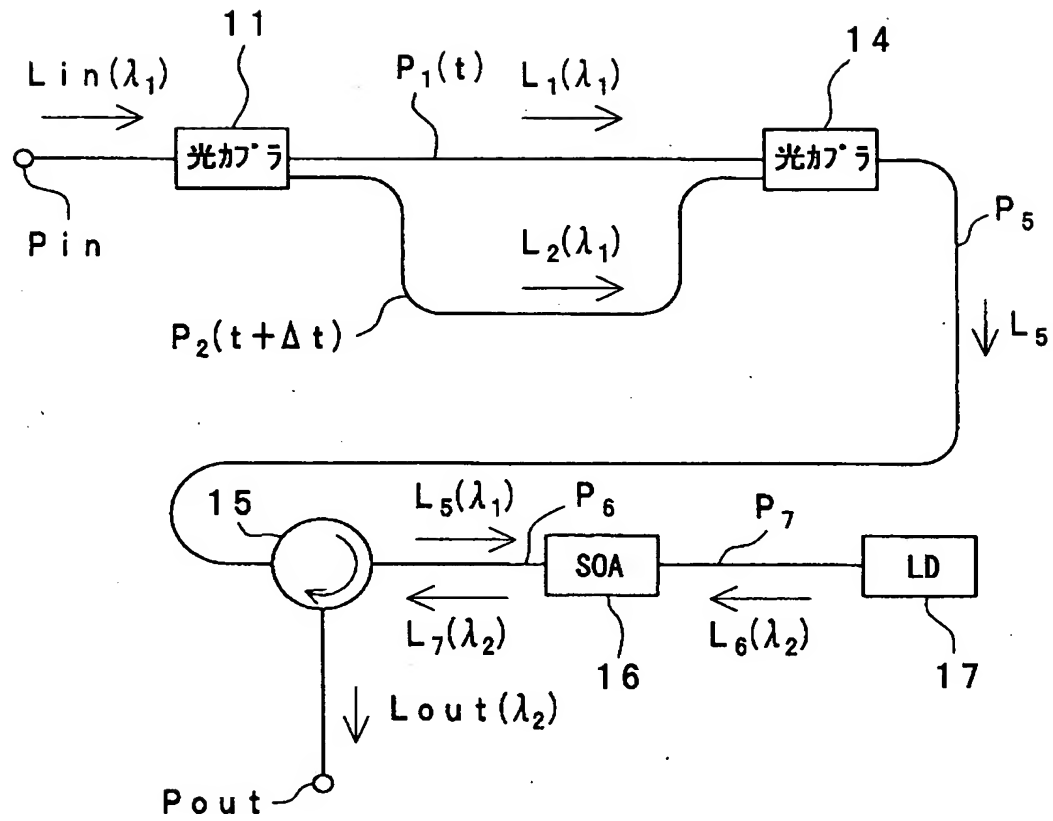
1 1 , 1 4 , 1 8 光カプラ、 1 2 , 1 5 , 1 9 光サーキュレータ、
1 3 , 1 7 レーザダイオード、 1 6 , 2 0 位相変調素子、 2 1
光双安定素子、 P 1 ~ P 9 光導波路、 P i n 入力ポート、 P o u t
出力ポート

【書類名】 図面

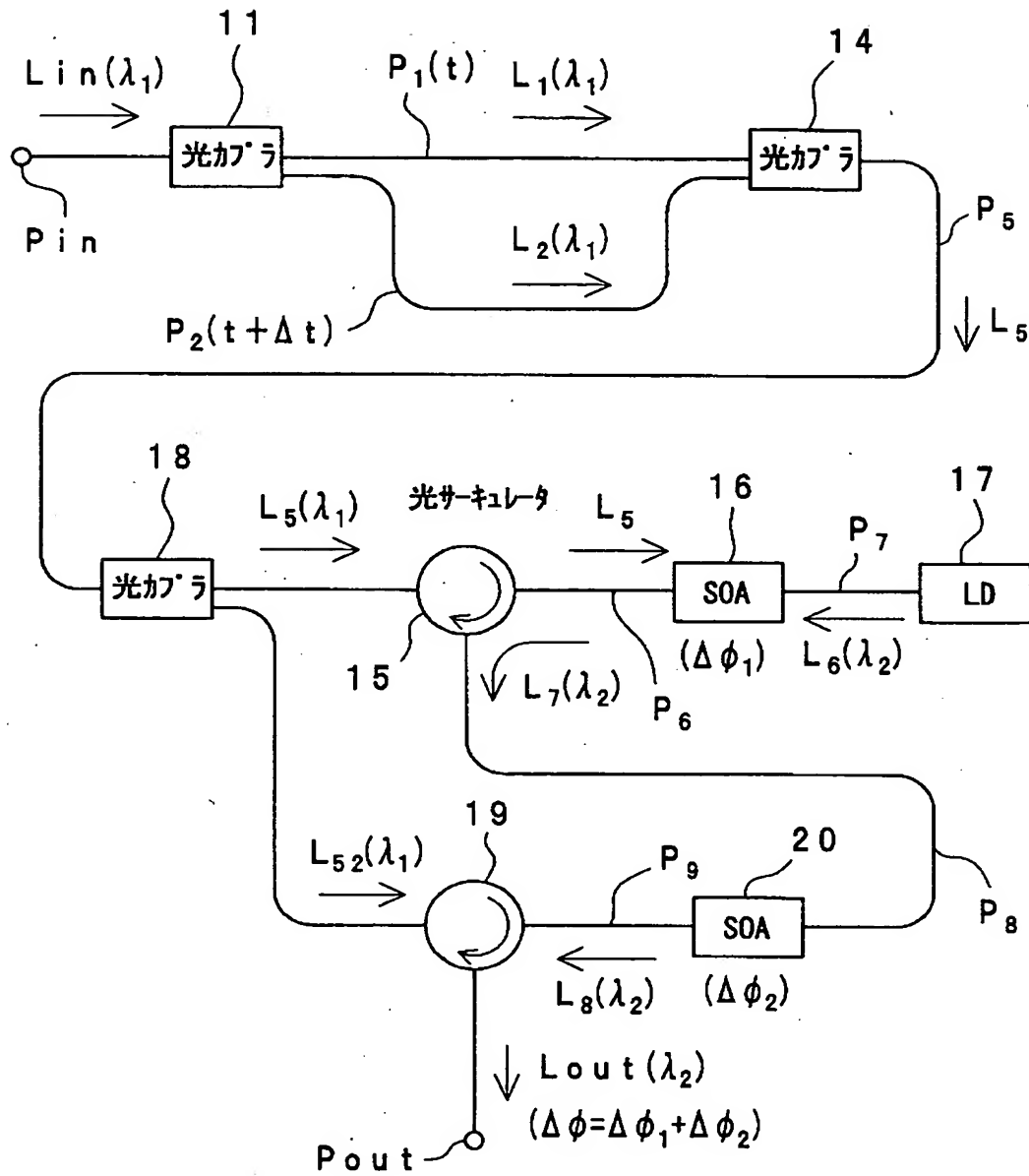
【図 1】



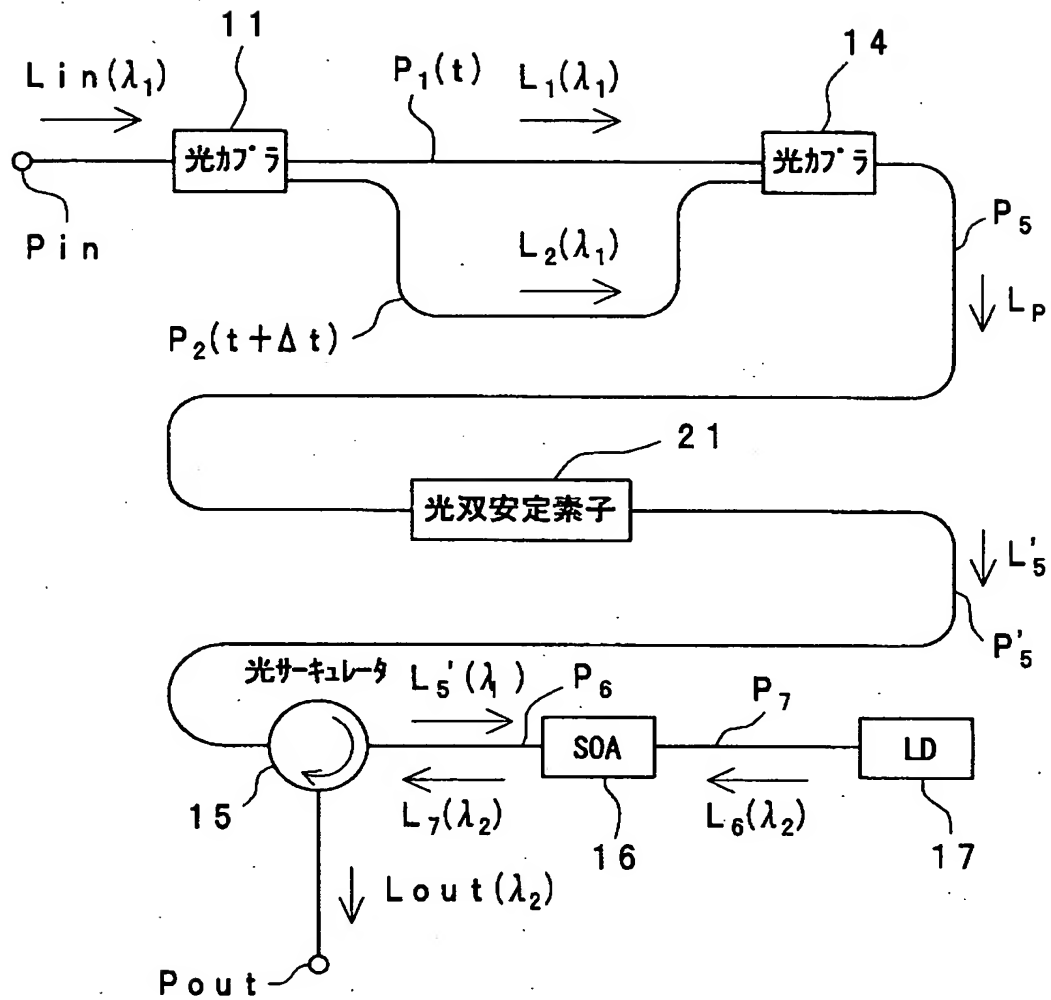
【図2】



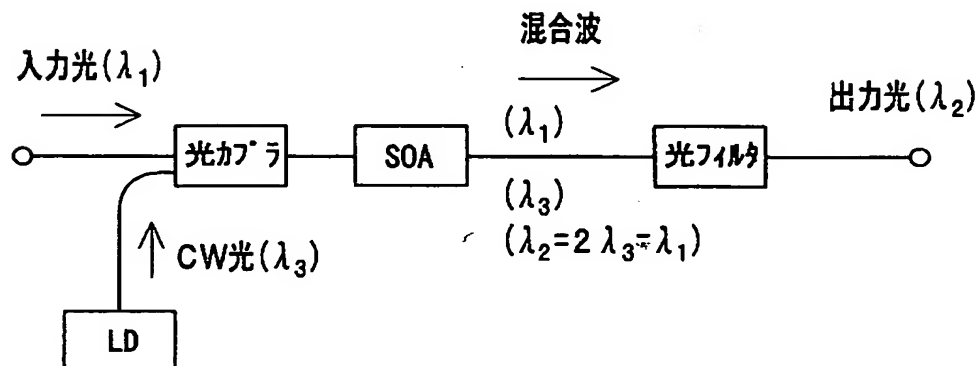
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 変換効率が高く、波長の制約の小さな位相変調光通信用の波長変換器を提供する。

【解決手段】 入射光は入射光分岐部(11)で第1と第2の分岐光に分岐し、第1の分岐光と第2の分岐光は合波干渉部(14)で合波干渉されて第1の波長の強度変調光を発生し、位相変調部(16)は、強度変調光を入力するとともに第2の波長と等しい波長の連続光を入力することにより、入射光の位相変調に基いて連続光の相互位相変調を行う。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
氏 名 三菱電機株式会社